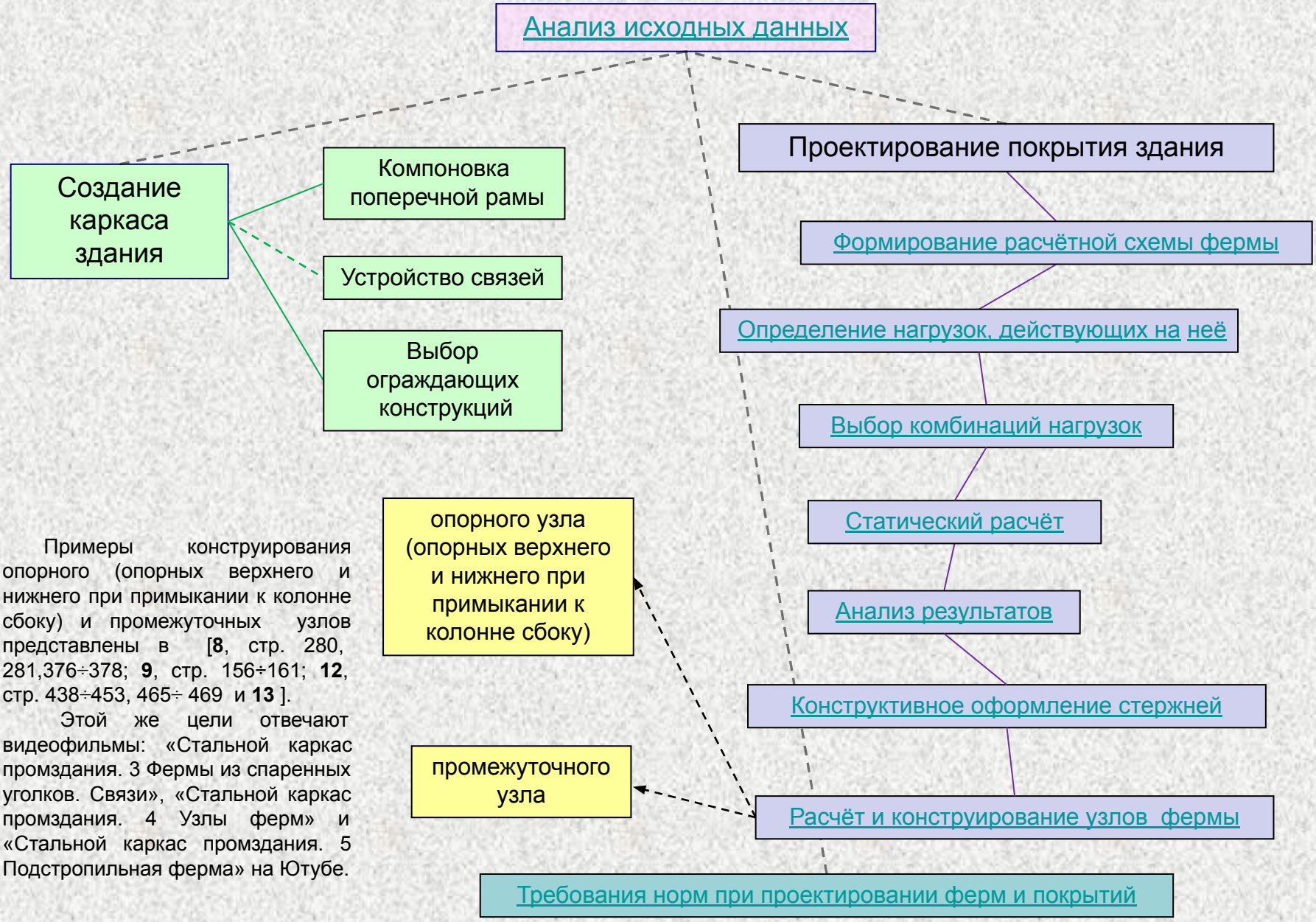
Алгоритм выполнения 2-ой КСР (весенний семестр) по дисциплине «Металлические конструкции, включая сварку»



Примеры конструирования опорного (опорных верхнего и нижнего при примыкании к колонне сбоку) и промежуточных узлов представлены в [**8**, стр. 280, 281,376÷378; **9**, стр. 156÷161; **12**, стр. 438÷453, 465÷ 469 и **13**].

Этой же цели отвечают видеофильмы: «Стальной каркас промздания. 3 Фермы из спаренных уголков. Связи», «Стальной каркас промздания. 4 Узлы ферм» и «Стальной каркас промздания. 5 Подстропильная ферма» на Ютубе.

Исходные данные для проектирования выбрать из табл. 1÷6, в соответствии с шифром зачётной книжки (три последние цифры).

Таблица 1

Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Район строительства*	Краснодар	Волгоград	Москва	Абакан	Саратов	Чита	Красноярск	Вологда	Енисейск	Пермь

* По району строительства определяют расчётную температуру, необходимую для выбора сталей для элементов каркаса.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Пролет здания в осях А-В*, м	24	36	30	42	30^2	42^1	24^1	30^1	36^1	24^2

Примечания:

1. Ригель покрытия – ферма из уголков, соединённых в тавр, с параллельными поясами, с треугольной с дополнительными стойками типом решётки.
2. Ригель покрытия для пролётов 24^1, 30^1, 36^1 и 42^1 – ферма из уголков, соединённых в тавр, треугольной с дополнительными стойками типом решётки,с **трапециевидным** очертанием поясов.

   Высота такой фермы в середине пролёта – 3150 мм, на опоре – высчитать, исходя из уклона 5, 8,10 и 15 % соответственно и округлить до 100 мм (в большую сторону).
3. Ригель покрытия для пролётов 24^2 и 30^2 – ферма из уголков, соединённых в тавр, с параллельными поясами, с **раскосной** с восходящим раскосом **типом решётки**.
4. Пролёт главной балки рабочей площадки составляет половину пролёта ригеля покрытия здания (½ расстояния между осями А и В).

Таблица 3

Третья цифра шифра (с конца)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Длина здания*, м	108	114	60	66	72	78	84	90	96	102

* При проектировании принять, что рабочая площадка расположена в осях 1÷4 по длине здания.

Таблица 4

Предпоследняя цифра шифра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Отметка низа покрытия*, H_o, м	12	14	9	10	7	8	11	13	15	16

* Т. е. отметка верха настила рабочей площадки составит (H_o - 3 м).

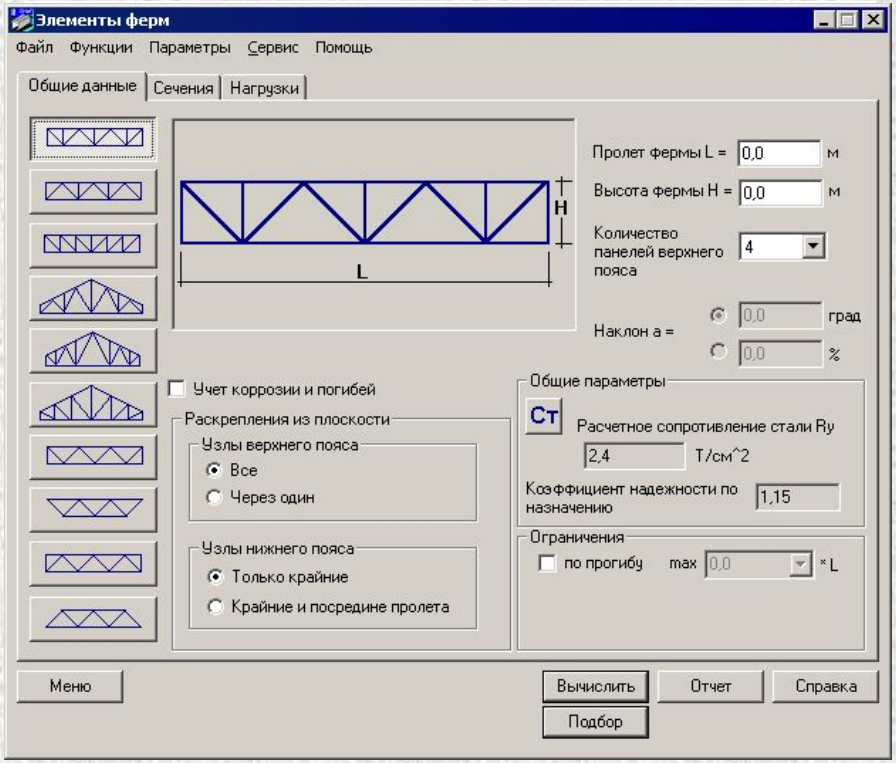
Таблица 5

Предпоследняя цифра шифра	Нормативная нагрузка на перекрытие рабочей площадки q_n, кН/м²									
	Последняя цифра шифра									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**0**
1	10,0	13,0	7,5	11,5	15,5	10,5	15,0	10,0	12,0	12,5
2	8,5	11,0	9,0	10,5	14,0	11,5	16,0	7,5	8,5	16,5
3	16,5	13,5	14,5	7,5	15,0	10,0	8,5	16,0	13,0	7,5
4	14,5	8,0	15,5	12,0	16,5	7,5	13,0	8,0	15,0	11,5
5	13,0	10,5	16,5	11,0	8,0	15,0	12,0	10,5	16,0	14,5
6	12,0	15,5	11,5	14,5	10,5	11,0	16,5	15,0	8,0	13,0
7	15,0	10,0	10,5	16,5	10,0	8,0	11,5	14,5	11,0	16,0
8	8,0	14,5	10,0	15,0	11,5	13,0	10,5	16,0	10,0	15,5
9	16,0	15,5	15,5	8,0	16,5	12,0	15,0	11,5	14,5	8,0
0	11,5	12,0	8,5	16,0	7,5	15,0	8,0	13,0	16,5	10,0

Таблица 6

Третья цифра шифра (с конца)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тип сопряжения балок между собой*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*	*а*	*б*
Вид опирания главной балки на колонну по оси Б**	*2*	*1*	*2*	*1*	*2*	*1*	*2*	*1*	*2*	*1*

* *а* – этажное сопряжение; *б* – сопряжение в одном уровне;
** *1* – этажное сопряжение; *2* – сопряжение в одном уровне;



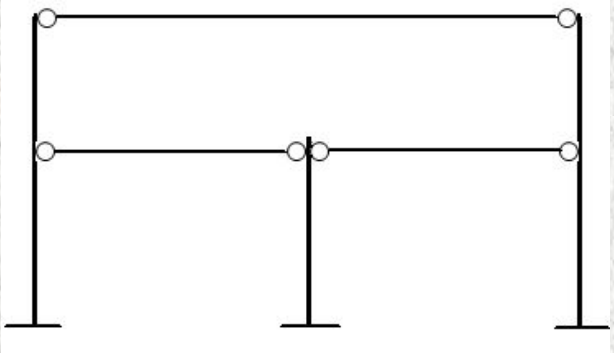
Высота части колонны в пределах ригеля (h_{ro}) зависит от принятой конструкции стропильных ферм.

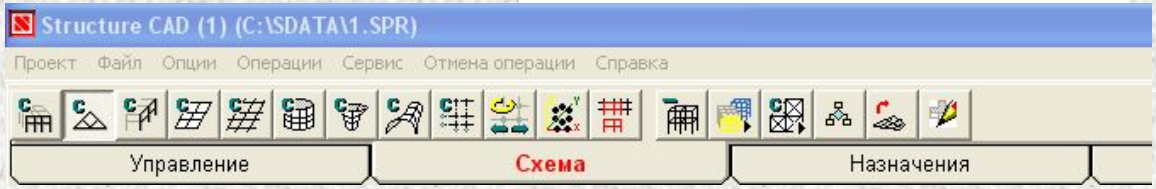
Для типовых стропильных малоуклонных ферм из уголков она обычно принимается равной 2,25 м при пролёте до 24 м и 3,15 – при пролётах 30 м и более.

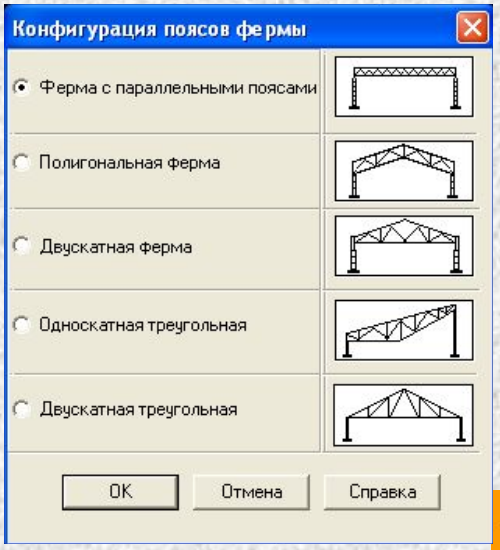
Для ригеля покрытия (фермы) с **трапециевидным** очертанием поясов высоту в середине пролёта брать равной 3150 мм, на опоре – высчитать, исходя из уклона 5, 8,10 и 15 % соответственно для 24, 30, 36 и 42 м и округлить до 100 мм (в большую сторону).

Для производственных производственных одноэтажных однопролётных зданий принимается следующая расчётная схема ригеля поперечной рамы - соединение с колоннами шарнирное.

Плоскую стержневую схему фермы обычно создают путём генерации из имеющихся в проектно-вычислительном комплексе SCAD прототипов - смотреть в [1÷3], а также видеофильмы [4 и 5].





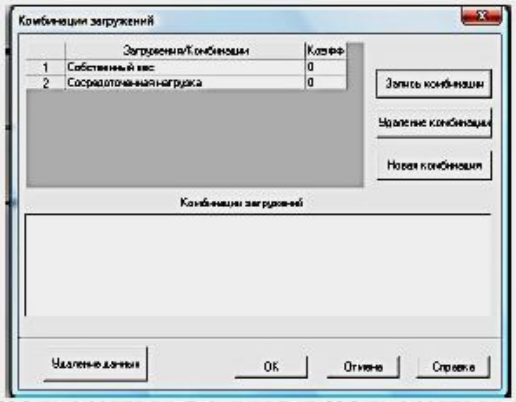


Поскольку статический расчёт фермы рекомендуется выполнять с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD, то не имеет смысла определять узловые нагрузки, как рекомендовано в некоторых учебниках [8, 9], или учебных пособиях [10].

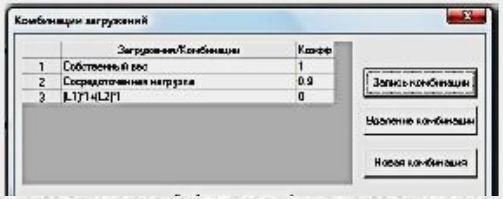
В КР необходимо учесть 2 варианта нагружения фермы снеговой нагрузкой:

- равномерно распределённой по всей её длине (1СН);
- равномерно распределённой, действующей на половине её длины (2СН).

6. Войдите в управление деревом проекта ->Специальные исходные данные -> Комбинации загружений.



Задайте коэффициент = 1 для «Сосредоточенная нагрузка» и «Собственный вес».
Нажмите «Запись комбинации» -> «Новая комбинация»
Задайте коэффициент = 1 «Собственный вес»
Задайте коэффициент = 0,9 «Сосредоточенная нагрузка»
Задайте коэффициент 0 для 1-ой комбинации нагрузок!
Нажмите «Запись комбинации» -> Нажмите ЛКМ «ОК».



Ветровые нагрузки ввиду малого уклона кровли – можно не учитывать.

Нагрузки от веса конструкций

Элементы конструкций	Нормативная нагрузка, кН/м^2	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка, кН/м^2
Ограждающие элементы кровли			
Гравийная защита толщиной 15…20 мм	0,3…0,4	1,3	0,390…0,520
Защитный слой из битумной мастики с втопленным гравием толщиной 10 мм	0,21	1,3	0,273
Гидроизоляционный ковер из 3…4 слоев рубероида	0,15…0,20	1,3	0,195…0,260
Асфальтовая или цементная стяжка толщиной 20 мм	0,36…0,4	1,3	0,468…0,520
Утеплитель* (пенобетон γ =6 кН/м^3, минераловатные плиты γ =1…3 кН/м^3, пенопласт γ =0,5 кН/м^3)	γ_t	1,2...1,3	—
Пароизоляция из одного слоя рубероида или фольгоизола	0,05	1,2	0,06
Несущие элементы кровли			
Стальной профилированный настил толщиной 0,6…1 мм	0,09…0,15	1,05	0,095
Асбестоцементные волнистые листы	0,2	1,1	0,220
Каркасы стальных панелей размерами, м:			
3x6	0,10…0,15	1,05	0,105…0,158
3x12	0,15…0,25	1,05	0,158…0,263
Железобетонные плиты из тяжелого бетона марок:			
ПГ-AIVв (5980x2980x300)	1,472	1,1	1,619
ПГ-AIIIв (5970x1490x300)	1,667	1,1	1,834
ПГ-AIVв (11960x2980x455)	2,056	1,1	2,262
*Несущие конструкции покрытия***			
Стропильные фермы	0,2...0,4	1,05	0,21…0,42
Подстропильные фермы	0,05...0,15	1,05	0,053…0,159
Прогоны:			
прокатные профили пролетом 6 м	0,06…0,08	1,05	0,063…0,084
решетчатые профили пролетом 12 м	0,15…0,25	1,05	0,158…0,263
Каркас фонаря	0,08…0,12	1,05	0,084…0,126
Связи по покрытию	0,04…0,10	1,05	0,042…0,105

* Требуемую толщину утеплителя определяют теплотехническим расчетом.

** Меньшие значения принимают при пролетах зданий 18..24 м для снеговых районов I…III; большие — при пролетах 24 м для снеговых районов IV…VI или при пролетах 30…36.

10.1 Нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия следует определять по формуле

$$S_0 = c_e\, c_t\, \mu\, S_g, \qquad (10.1)$$

где c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, принимаемый в соответствии с 10.5–10.9;

c_t – термический коэффициент, принимаемый в соответствии с 10.10;

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие, принимаемый в соответствии с 10.4;

S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли, принимаемое в соответствии с 10.2.

10.2 Нормативное значение веса снегового покрова S_g на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли принимается в зависимости от снегового района для территории Российской Федерации по данным таблицы 10.1.

10.5 Коэффициент c_e, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов, устанавливается в зависимости от типа местности (см. 11.1.6), формы покрытия и степени его защищенности от прямого воздействия ветра согласно 10.6–10.9.

10.7 Для пологих (с уклонами до 12 % или с $f/l \leq 0{,}05$) покрытий однопролетных и многопролетных зданий, проектируемых на местности типов А или В и имеющих характерный размер в плане l_c не более 100 м (см. схемы Б.1, Б.2, Б.5 и Б.6 приложения Б), следует установить коэффициент сноса снега, принимаемый по формуле (10.2), но не менее 0,5:

$$c_e = \left(1{,}2 - 0{,}4\sqrt{k}\right)\left(0{,}8 + 0{,}002 l_c\right), \qquad (10.2)$$

где k – принимается по таблице 11.2 для типов местности А или В (см. 11.1.6);

$l_c = 2b - \frac{b^2}{l}$ – характерный размер покрытия, принимаемый не более 100 м;

b – наименьший размер покрытия в плане;

l – наибольший размер покрытия в плане.

Для покрытий с уклонами от 12 до 20 % однопролетных и многопролетных зданий без фонарей, проектируемых на местности типов А или В (см. схемы Б.1 и Б.5 приложения Б) $c_e = 0{,}85$.

10.4 Схемы распределения снеговой нагрузки и значения коэффициента μ для покрытий следует принимать в соответствии с приложением Б.

10.2 Нормативное значение веса снегового покрова S_g на 1 м^2 горизонтальной поверхности земли принимается в зависимости от снегового района для территории Российской Федерации по данным таблицы 10.1.

Таблица 10.1

Снеговые районы (принимаются по карте 1 приложения Е)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
S_g, кПа	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

числе с постройками высотой менее 10 м, пустыни, степи, лесостепи, тундра;

В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;

С – городские районы с плотной застройкой зданиями высотой более 25 м.

Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии $30h$ – при высоте сооружения $h < 60$ м и на расстоянии 2 км – при $h > 60$ м.

Приложение Б

Схемы снеговых нагрузок и коэффициенты μ

Б.1 Здания с односкатными и двускатными покрытиями

а) Для зданий с односкатными и двускатными покрытиями (рисунок Б.1) коэффициент μ определяется по таблице Б.1. Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией.

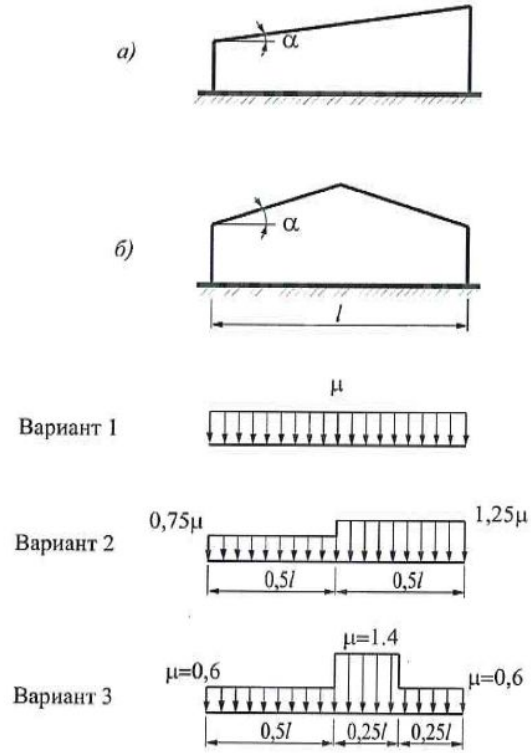


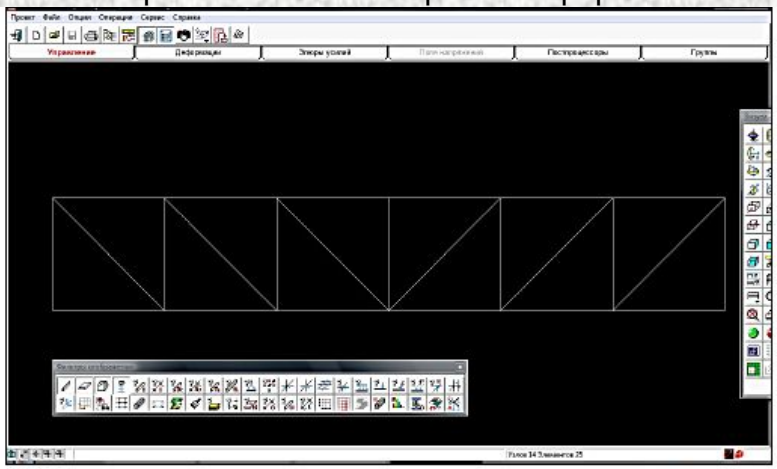
Рисунок Б.1

Таблица Б.1

Уклон покрытия α, град.	μ
$\alpha \leq 30°$	1
$\alpha \geq 60°$	0

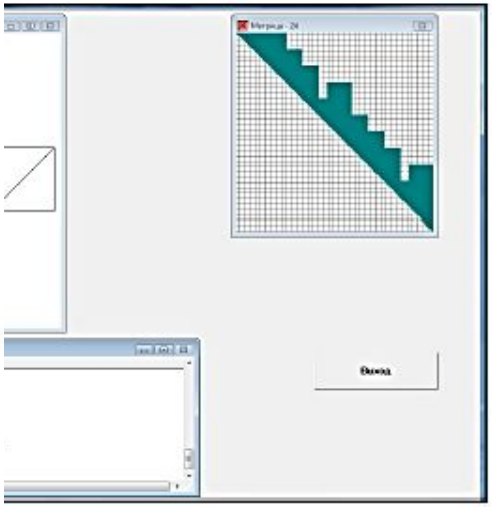
б) Варианты 2 и 3 следует учитывать для зданий с двускатными покрытиями (профиль *б*), при этом вариант 2 – при $15° \leq \alpha \leq 40°$; вариант 3 – при $10° \leq \alpha \leq 30°$ только при наличии ходовых мостиков или аэрационных устройств по коньку покрытия.

Алгоритм статического расчёта фермы аналогичен таковому для рамы.



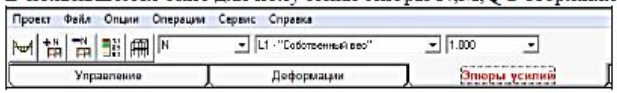
но менять некоторые параметры
дойдут параметры по умолчанию.

но о прохождении этапов расчета в
и расчета будет сообщение «Задание

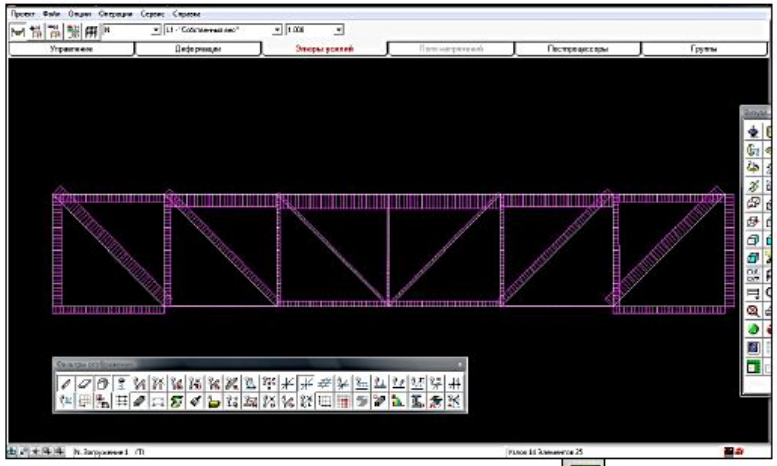


кна с деревом проекта, в котором

В появившемся окне для получения эпюры N,M,Q в стержнях фермы войдем в раздел «Эпюры усилий».



В трех светлых рабочих окнах надо выбрать (слева направо): обозначение усилия, для которого предполагается построить эпюру (для фермы это будет N); номер загружения (ему будет соответствовать название, если оно было задано – L1. «Собственный вес»); масштабный коэффициент для ординат эпюры (1.000). Для выбранного загружения нажмем кнопку «Ввод эпюр». При этом на экране появится расчетная схема фермы для МКЭ с эпюрой N для выбранного для анализа загружения (у нас загружение L1. «Собственный вес»).



зультаты» дерева проекта и нажмём ЛКМ. Появится

Если на панели **Фильтры отображения** нажать кнопку , то на эпюре будут обозначены значения и знаки усилий.

Расчётные усилия в стержнях фермы от каждого из вариантов нагрузок обычно выписывают в таблицу, где указывают по столбцам:

к какому из элементов фермы он относится (поясу или это раскос или стойка);

номер стержня (в соответствии с его обозначением в расчётной схеме фермы);

усилие в стержне со знаком «плюс» или «минус» в зависимости от соответствующей комбинации нагрузок.

Очевидно, что из табличной формы легко увидеть наибольшие сжимающие и растягивающие усилия, которые и будут расчётными для отдельных стержней.

Из таблицы также перемещения от отдельных комбинаций нагрузок, позволяющие оценить жёсткость как отдельных узлов, так и всей фермы в целом.

Но в целях унификации и из-за условий изготовления ферм (см. [9, стр. 155÷156]) количество типоразмеров элементов должно быть **минимальным.** Поэтому в качестве расчётных выбирают лишь часть из них.

Например, для 24 м фермы, где должно быть не более 3÷4 типоразмеров, достаточно выбрать 1 наибольшее усилие для верхнего пояса, 1 наибольшее усилие для нижнего пояса, 1 наибольшее усилие для всех раскосов и 1 наибольшее усилие для стоек.

Соответственно, при таком подходе, и подбор элементов фермы следует производить лишь на эти усилия и объём дальнейших конструктивных расчётов существенно уменьшится.

Таблица

Усилия и перемещения от комбинаций загружений в стержнях стропильной фермы

Элемент фермы	Обозначение стержня	Усилия в стержнях фермы			Перемещения, мм					
					От комбинаций:					
		От комбинаций*:			1+2		1+3		1+4	
		1+2	1+3	1+4	По горизонтали	По вертикали	По горизонтали	По вертикали	По горизонтали	По вертикали

* Номера загружений в комбинациях:

1 – постоянная нагрузка,

2 – снеговая нагрузка на весь пролёт,

3 – снеговая нагрузка на левую половину пролёта,

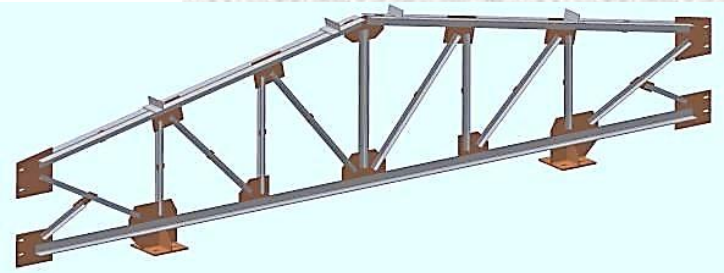
4 – снеговая нагрузка на правую половину пролёта.

Теоретически наиболее экономичной была бы ферма, у которой каждый стержень имел бы своё сечение. Но такой подход не учитывает других условий создания конструкции, в частности, требований технологичности изготовления.

Стержни были бы короткие, их пришлось бы стыковать в каждом узле. Необходимо было бы переналаживать станки на изготовление стержней с разными сечениями, затруднилась бы комплектация. Ведь на заводы выгодно привозить не менее 60 т (полный загруженный полувагон) одного-двух профилей одинакового калибра.

Поэтому количество типоразмеров обычно ограничивают:

В фермах пролётом 18… 30 м — примерно 5...6 (два у поясов, один у стоек, 2...3 у раскосов), при пролётах 36... 42 — примерно 8...9 и т. д.



На всю ферму выбираются также болты одного диаметра.

Предварительно можно принять для поясов гибкость 60 ÷ 80 и для решётки 100 ÷ 120. Большие значения гибкости принимаются при меньших усилиях.
По гибкости находят коэффициент φ.

зультатов конструктивного расчёта стержней фермы

сжатых

См. презентацию «Выбор сталей_2019» и табл. В.1÷В.5 [11]

- Определение усилия в стержне, N
- Выбор типа поперечного сечения стержня
- Вычисление требуемой площади поперечного сечения $A = N / \varphi \times R_y \times \gamma_c$
- Подбор по сортаменту подходящего профиля и установление фактических характеристик сечения : A, i_x, i_y.
- Нахождение $\lambda_x = \ell_x / i_x$ и $\lambda_y = \ell_y / i_y$ и условных гибкостей $\bar{\lambda}_x = \sqrt{R_y/E}$ и $\bar{\lambda}_y = \sqrt{R_y/E}$.
- Проверка на устойчивость принятого сечения в плоскости наибольшей гибкости с последующей корректировкой назначенного сечения по формуле: $N / \varphi \times R_y \times \gamma_c \leq 1$.

Таблица проверки сечений стержней ферм

Вид стержня	№ стержня	$N_{рас}$, кН	l_0, см	$l_{ef,x}$, см	$l_{ef,y}$, см	Сечение	A, см²	i		λ		$\bar{\lambda}$		φ_{min}	γ_c	σ, МПа	$\sigma/(R_y\gamma_c)$
								i_x	i_y	λ_x	λ_y	$\bar{\lambda}_x$	$\bar{\lambda}_y$				

Если предварительно гибкость стержня была задана неправильно и проверка показала перенапряжение или значительное (больше 5÷10 %) недо напряжение, то проводят корректировку сечения, принимая промежуточное между предварительно заданным и фактическим значениями гибкости.

растянутых

См. презентацию «Выбор сталей_2019» и табл. В.1÷В.5 [11]

- Определение усилия в стержне, N
- Выбор типа поперечного сечения стержня
- Вычисление требуемой площади поперечного сечения $A = N / R_y \times \gamma_c$
- Подбор по сортаменту подходящего профиля и установление фактических характеристик сечения : A, i_x, i_y.
- Нахождение $\lambda_x = \ell_x / i_x$ и $\lambda_y = \ell_y / i_y$.
- Проверка, чтобы гибкости стержней не превышали предельных значений (см. табл. 33 [11]).

назначенных по предельной гибкости

- Выбор типа поперечного сечения стержня
- Вычисление требуемого значения радиуса инерции сечения $i_{треб} = \ell_{ef} / [\lambda]$
- Подбор по сортаменту подходящего профиля и установление фактических характеристик сечения.

До последнего времени лёгкие фермы проектировались в основном из стержней с сечениями, составленными из двух уголков.

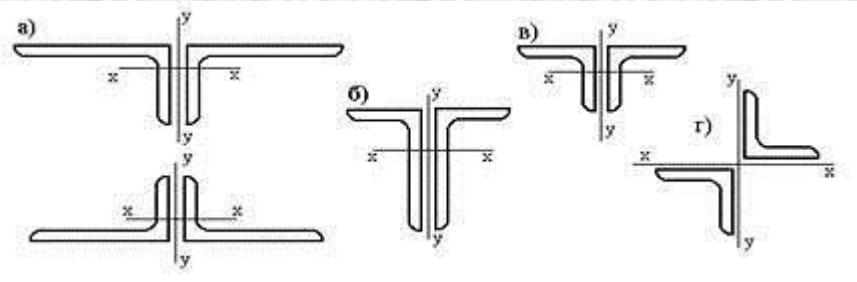
Такие сечения имеют большой диапазон площадей, удобны для конструирования узлов на фасонках и прикрепления примыкающих к фермам конструкций (прогонов, кровельных панелей, связей и т. п.).

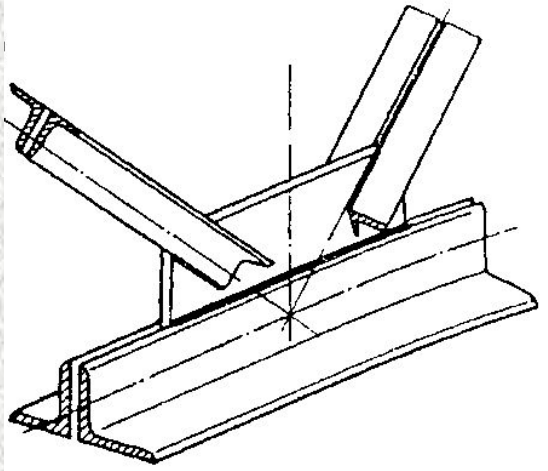
Существенными недостатками такой конструктивной формы является большое число элементов с различными типоразмерами, значительный расход металла на фасонки и прокладки, высокая трудоёмкость изготовления и наличие щели между уголками, затрудняющей окраску и способствующей коррозии.

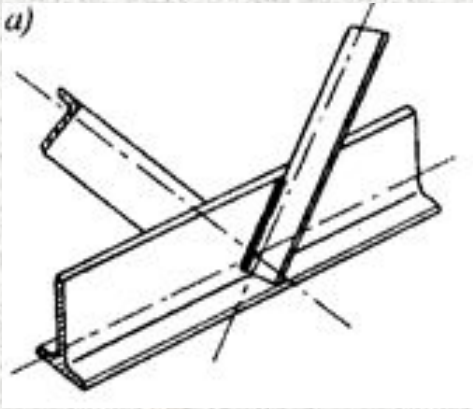
Кроме того, стержни с сечением из двух уголков, составленных тавром, неэффективны при работе на сжатие.

Весьма часто сечения элементов фермы принимаются из разного вида профилей: пояса из двутавров, решётка из гнутозамкнутых профилей или пояса из тавров, решётка из парных или одиночных уголков.

Такое комбинированное решение оказывается более рациональным.







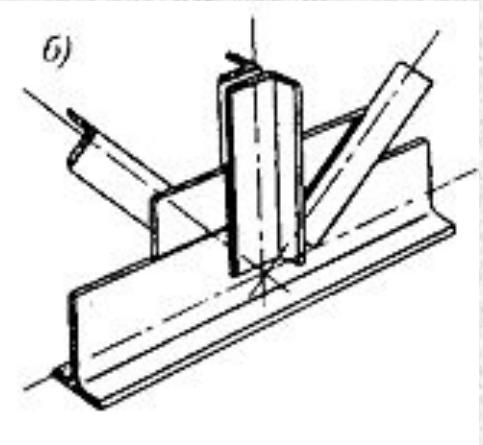


Таблица Д.1 — **Коэффициенты устойчивости при центральном сжатии**

Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Коэффициенты φ для типа сечения			Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Коэффициенты φ для типа сечения		
	a	*b*	*c*		*a*	*b*	*c*
0,4	1000	1000	984	4,6	359		329
0,6	994	986	956	4,8	330		308
0,8	981	967	929	5,0	304		289
1,0	968	948	901	5,2	281		271
1,2	953	927	872	5,4	261		255
1,4	938	905	842	5,6	242		241
1,6	920	881	811	5,8	226		
1,8	900	855	778	6,0	211		
2,0	877	826	744	6,2	198		
2,2	851	794	709	6,4	186		
2,4	821	760	672	6,6	174		
2,6	786	723	635	6,8	164		
2,8	747	683	598	7,0	155		
3,0	704	643	562	7,2	147		
3,2	660	602	527	7,4	139		
3,4	616	562	493	7,6	132		
3,6	572	524	460	7,8	125		
3,8	526	487	430	8,0	119		
4,0	475	453	402	8,5	105		
4,2	431	422	375	9,0	094		
4,4	393	392	351	9,5	084		
				10,0	076		

Примечание — Значения коэффициентов φ в таблице увеличены в 1000 раз.

7.1.3 Расчёт на устойчивость элементов сплошного сечения при центральном сжатии силой N и удовлетворяющих требованиям 7.3.2 – 7.3.9, следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \leq 1\,, \qquad (7)$$

где φ – коэффициент устойчивости при центральном сжатии, значение которого при $\bar{\lambda} \geq 0{,}6$ следует определять по формуле

$$\varphi = 0{,}5\ \left(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39{,}48\bar{\lambda}^2}\ \right) / \bar{\lambda}^2. \qquad (8)$$

Значение коэффициента δ в формуле (8) следует вычислять по формуле

$$\delta = 9{,}87(1 - \alpha + \beta\,\bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2, \qquad (9)$$

$$\lambda = l_{ef} / i$$

где $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{R_y/E}$ – условная гибкость стержня;

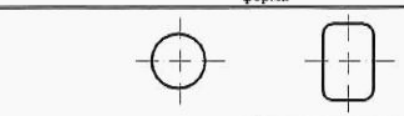
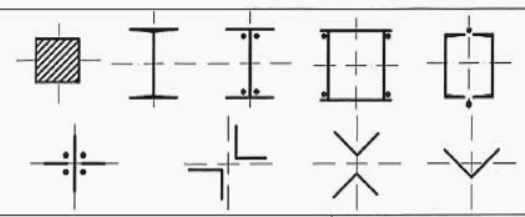
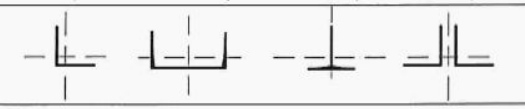
α и β – коэффициенты, определяемые по таблице 7 в зависимости от типов сечений.

Значения коэффициента φ, вычисленные по формуле (8), следует принимать не более $7{,}6 / \bar{\lambda}^2$ при значениях условной гибкости свыше 3,8; 4,4 и 5,8 для типов сечений *a*, *b* и *c*, соответственно.

При значениях $\bar{\lambda} < 0{,}6$ для типов сечений *a* и *b* следует принимать $\varphi = 1$.

Вычисленные по формуле (8) значения коэффициента φ приведены в таблице Д.1

Таблица 7

Тип сечения		Значение коэффициента	
обозначение	форма	α	β
a		0,03	0,06
b		0,04	0,09
c		0,04	0,14

Примечания

1 Для прокатных двутавров высотой свыше 500 мм при расчете на устойчивость в плоскости стенок следует принимать тип сечения *a*.

2 Для прокатных двутавров при расчете на устойчивость в плоскости меньшей жесткости следует принимать тип сечения *c*.

Таблица 1

Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы γ_c
1 Балки сплошного сечения и сжатые элементы ферм перекрытий под залами театров, клубов, кинотеатров, под трибунами, под помещениями магазинов, книгохранилищ и архивов и т.п. при временной нагрузке, не превышающей вес перекрытий	0,90
2 Колонны	
общественных и жилых зданий при постоянной нагрузке, равной не менее 0,8 расчетной;	0,95
многоэтажных зданий высотой до 150 м включительно;	0,95
двутаврового сечения многоэтажных зданий высотой более 150 м;	0,90
коробчатого сечения многоэтажных зданий высотой более 150 м;	0,87
опоры водонапорных башен	0,95
3 Колонны одноэтажных производственных зданий с мостовыми кранами	1,05
4 Сжатые основные элементы (кроме опорных) решетки составного таврового сечения из двух уголков в сварных фермах покрытий и перекрытий при расчёте на устойчивость указанных элементов с гибкостью $\lambda > 60$	0,80
5 Растянутые элементы (затяжки, тяги, оттяжки, подвески) при расчёте на прочность по неослабленному сечению	0,90

Примечания

1 Коэффициенты $\gamma_c < 1$ при расчёте совместно учитывать не следует.

2 При расчёте на прочность по сечению, ослабленному отверстиями для болтов, коэффициенты условий работы, приведенные в позициях 6 и 1; 6 и 2; 6 и 3 следует учитывать совместно.

3 При расчёте опорных плит коэффициенты, приведенные в позициях 9 и 2, 9 и 3, следует учитывать совместно.

4 Коэффициенты для элементов, приведенных в позициях 1 и 2, следует учитывать также при расчёте их соединений.

5 В случаях, не оговоренных в настоящей таблице, в формулах следует принимать $\gamma_c = 1$.

10.1.1 Расчетные длины сжатых элементов плоских ферм и связей в их плоскости l_{ef} и из плоскости $l_{ef,1}$ (рисунок 13, а), б), в), г), за исключением элементов, указанных в 10.1.2 и 10.1.3, следует принимать по таблице 24.

10.4.1 Гибкости элементов $\lambda = l_{ef} / i$ не должны превышать предельных значений λ_u, приведенных в таблице 32 для сжатых элементов и в таблице 33 – для растянутых.

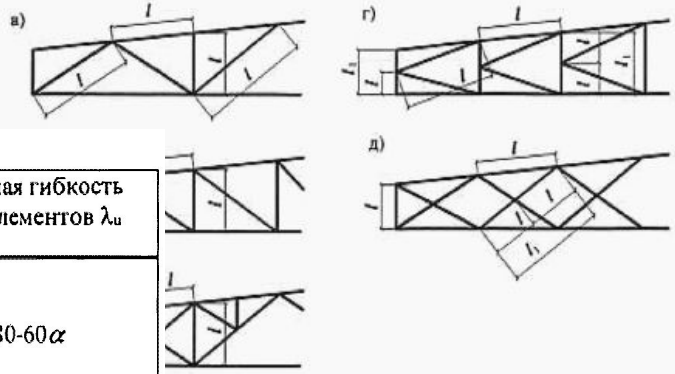


Таблица 32

Элементы конструкций	Предельная гибкость сжатых элементов λ_u
1 Пояса, опорные раскосы и стойки, передающие опорные реакции:	
а) плоских ферм, структурных конструкций и пространственных конструкций из труб или парных уголков высотой до 50 м	180-60α
б) пространственных конструкций из одиночных уголков, а также пространственных конструкций из труб и парных уголков высотой св. 50 м	120
2 Элементы, кроме указанных в позициях 1 и 7:	
а) плоских ферм, сварных пространственных и структу одиночных уголков, пространственных и структурных ко уголков	
б) пространственных и структурных конструкций из о. соединениями	
3 Верхние пояса ферм, не закрепленные в процессе монта завершения монтажа следует принимать по позиции 1)	
4 Основные колонны	
5 Второстепенные колонны (стойки фахверка, фонарей и элементы вертикальных связей между колоннами (ниже	
6 Элементы связей, кроме указанных в позиции 5, а такж для уменьшения расчётной длины сжатых стержней, и элементы, кроме указанных в позиции 7	
7 Сжатые и ненагруженные элементы пространственных и крестового сечений, подверженные воздействию ветр проверке гибкости в вертикальной плоскости	

Обозначение, принятое в таблице 32:

$\alpha = \frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c}$ –коэффициент, принимаемый не менее

принимать φ_e).

Таблица 33

Элементы конструкций	Предельная гибкость растянутых элементов λ_u при воздействии на конструкцию нагрузок		
	динамических, приложенных непосредственно к конструкции	статических	от кранов (см. прим. 4) и железнодорожных составов
1 Пояса и опорные раскосы плоских ферм (включая тормозные фермы) и структурных конструкций	250	400	250
2 Элементы ферм и структурных конструкций, кроме указанных в позиции 1	350	400	300
3 Нижние пояса балок и ферм крановых путей	-	-	150
4 Элементы вертикальных связей между колоннами (ниже балок крановых путей)	300	300	200

Примечания

1 В конструкциях, не подвергающихся динамическим воздействиям, гибкость растянутых элементов следует проверять только в вертикальных плоскостях.

2 Для элементов связей (позиция 5), у которых прогиб под действием собственного веса не превышает $l/150$, при воздействии на конструкцию статических нагрузок принимают $\lambda_u = 500$.

l_1 – расстояние между узлами, закреплёнными от смещения из плоскости фермы (поясами ферм, специальными связями, жёсткими плитами покрытий, прикреплёнными к поясу сварными швами или болтами, и т.п.).

При **конструировании** узлов стальных ферм из уголков учитывают следующие **особенности**:

1. Уголки верхнего пояса должны быть обращены обушками вверх, нижнего пояса — вниз; для решеток и стоек эта рекомендация не обязательна.

2. Центр тяжести сечения стержня (расстояние от края обушка до центра тяжести сечения Z_o определяется по

Толщину фасонок выбирают в зависимости от действующих усилий (табл. 9.2) и принятой толщины сварных швов. При значительной разнице усилий в стержнях решетки можно принимать две толщины в пределах отправочного элемента. Допустимая разница толщин фасонок в смежных узлах равна 2 мм.

Размеры фасонок определяются необходимой длиной швов крепления элементов. Необходимо стремиться к простейшим очертаниям фасонок, чтобы упростить их изготовление и уменьшить количество обрезков. Целесообразно унифицировать размеры фасонок и иметь на ферму не более одного-двух типоразмеров. Стропильные фермы пролетом 18—36 м разбивают на два отправочных элемента с укрупнительными стыками в средних узлах. Стыки целесообразно для удобства укрупнительной сборки и изготовления проектировать так, чтобы правая и левая полуфермы были взаимозаменяемыми.

Таблица 9.2

Рекомендуемые толщины фасонок

Максимальное усилие в стержнях решетки, кН	До 150	160—250	260—400	410—600	610—1000	1010—1400	1410—1800	Более 1800
Толщина фасонки, мм	6	8	10	12	14	16	18	20

ниями фермы.

ние 50 мм и до поясов фермы – a, где a = 6 t – 20 мм,

ений и недопущения образования трещин в фасонках

и с размерами полок не менее чем 50×50×5 мм,

иваются стальные соединительные прокладки на стянутых, где i — радиус инерции одного уголка

сварных швов, прикрепляющих стержни фермы.

яется по наибольшему усилию в стержнях

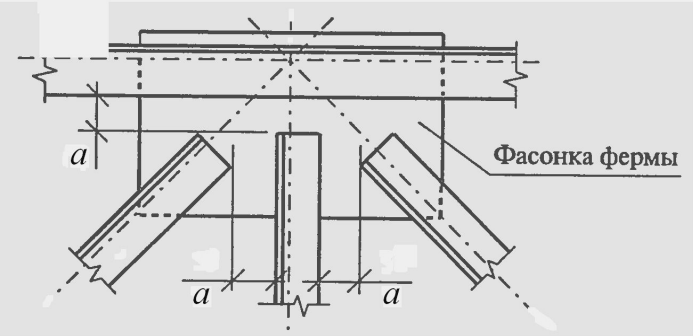
0 мм; 500-750 кН — t = 12 мм);

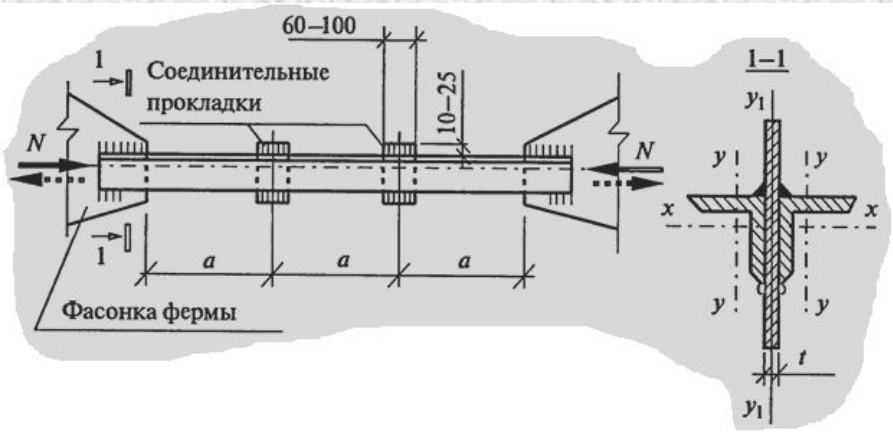
ам:

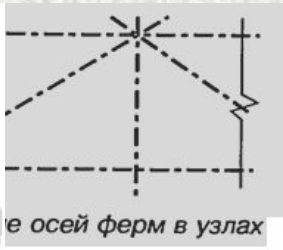
вами;

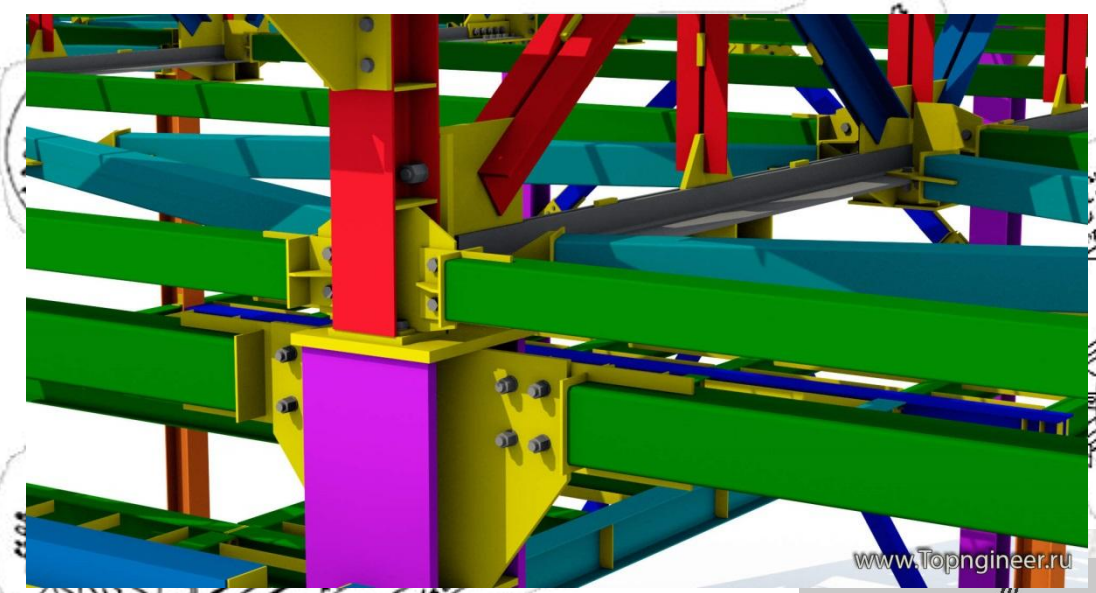
табл. 38 СП, наибольшая — 1,2 t , где t — наименьшая толщина соединяемых элементов;

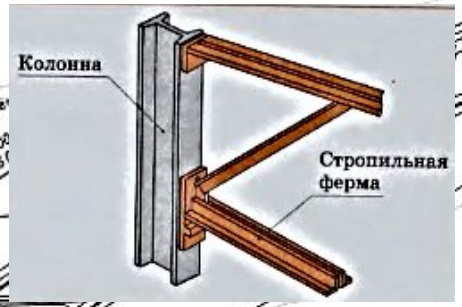
• длина шва вдоль обушка должна быть больше, чем по перу уголка.

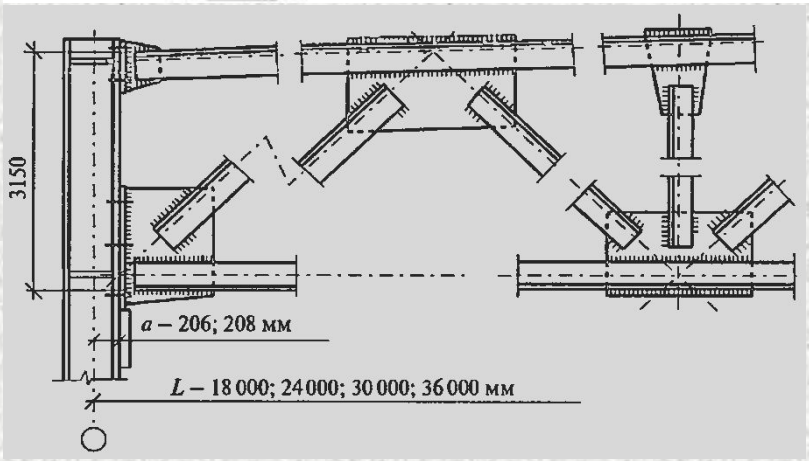


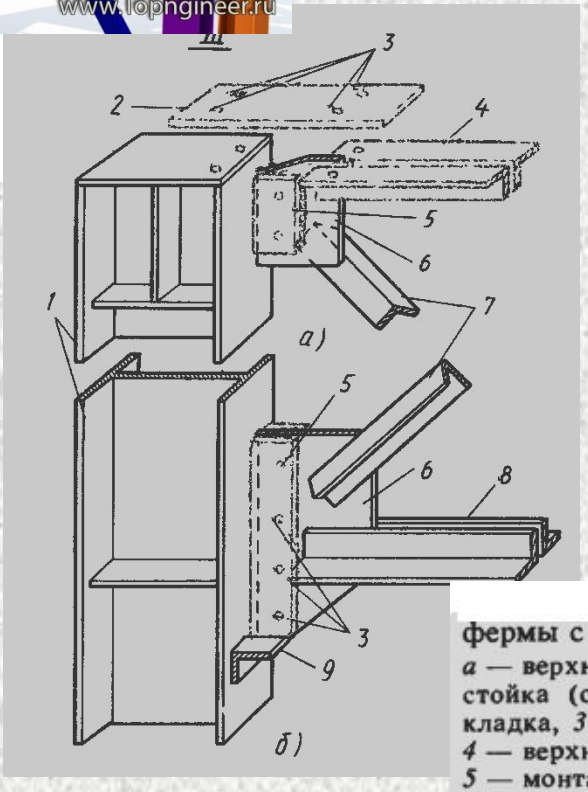


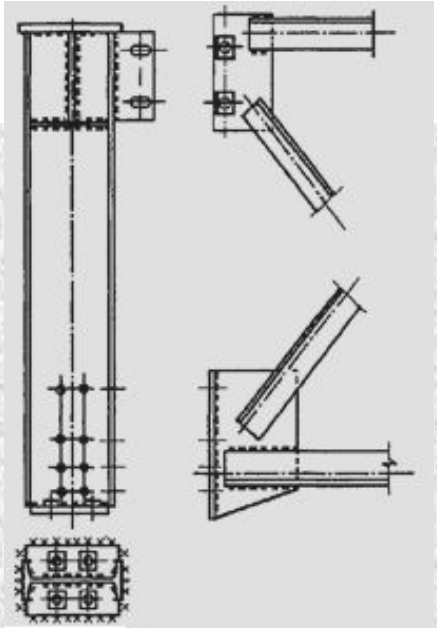












Детали шарнирного опирания типовых ферм

Узлы соединения стропильной фермы с колонной ; *а* — верхнего пояса, *б* — нижнего пояса; *1* — стойка (оголовок) колонны, *2* — стыковая накладка, *3* — отверстия для монтажных болтов, *4* — верхний пояс фермы из спаренных уголков, *5* — монтажные сварные швы, *6* — фасонки опорных узлов фермы, *7* — раскосы фермы, *8* — нижний пояс фермы из спаренных уголков, *9* — опорный монтажный столик

Требования норм при проектировании ферм и покрытий:

15.2.1 Оси стержней ферм и структур должны быть
узлах. Центрировать стержни следует в сварных фермах
сечений (с округлением до 5 мм), а в болтовых – по рискам
обушку.

Если смещение осей поясов ферм при изменении сече
% высоты пояса меньшего сечения, оно не учитывается.

При наличии эксцентриситетов в узлах элементы фер
рассчитывать с учетом соответствующих изгибающих момен

При приложении нагрузок вне узлов ферм пояса дол
совместное действие продольных усилий и изгибающих мом

15.2.2 При расчёте плоских ферм соединения элементо
принимать шарнирными:

при сечениях элементов из уголков или тавров;

при двутавровых, Н-образных и трубчатых сечениях эл
высоты сечения h к длине элемента l между узлами
конструкций, эксплуатируемых в районах с расчётными те
45° С; 1/10 – для конструкций, эксплуатируемых в остальны

При превышении указанных отношений h/l следует у
изгибающие моменты в элементах от жёсткости узлов.

15.2.3 Расстояние между краями элементов решётки и
с фасонками следует принимать не менее $a = (6t - 20)$ мм,
толщина фасонки, мм).

Между торцами стыкуемых элементов поясов ферм,
следует оставлять зазор не менее 50 мм.

Фланговые сварные швы, прикрепляющие элементы решётки ферм к фасонкам,
следует выводить на торец элемента на длину не менее 20 м

15.2.6 При пролётах ферм покрытий свыше 36
строительный подъём, равный прогибу от постоянной
нагрузок. При плоских кровлях строительный подъём
независимо от размера пролёта, принимая его равным
нормативной нагрузки плюс 1/200 пролета.

15.4.5 *В уровне нижних поясов* стропильных ферм с восходящими раскосами, опирающимися на колонны нижними поясами, следует предусматривать поперечные горизонтальные связи в каждом пролете здания у торцов, а также у температурных швов здания. При длине температурного блока более 144 м и при кранах грузоподъемностью ≥50 т следует предусматривать также и промежуточные поперечные горизонтальные связи с шагом не более 60 м.

15.4.6 *По верхним поясам* стропильных ферм поперечные горизонтальные связи при покрытии с прогонами следует назначать в любом одноэтажном промышленном здании. Поперечные связевые фермы по верхним и нижним поясам рационально совмещать в плане.

Верхние пояса стропильных ферм, не примыкающие непосредственно к поперечным связям, следует раскреплять в плоскости расположения этих связей распорками.

15.4.7 При наличии жесткого диска кровли в уровне верхних поясов в покрытиях без прогонов (в которых крупноразмерные железобетонные плиты приварены к верхним поясам или профилированный лист покрытия прикреплен в каждом гофре) поперечные связи по верхним поясам ферм следует устраивать только в торцах здания и у температурных швов. В остальных шагах необходимы распорки у конька и у опор стропильных ферм.

При наличии жесткого диска кровли в уровне верхних поясов следует предусматривать инвентарные съемные связи для выверки конструкций и обеспечения их устойчивости в процессе монтажа.

15.4.10 В местах расположения поперечных связей покрытия следует предусматривать установку *вертикальных связей между фермами*.

В покрытиях зданий и сооружений, эксплуатируемых в районах с расчётными температурами ниже минус 45° С следует предусматривать (дополнительно к обычно применяемым) вертикальные связи посередине каждого пролета вдоль всего здания.

Вертикальные связи следует располагать в плоскостях опорных стоек стропильных ферм, в плоскостях коньковых стоек для ферм пролетом до 30 м, а также в плоскостях стоек, находящихся под узлом крепления наружных ног фонаря для ферм пролетом более 30 м.

Сечения элементов вертикальных связей следует назначать по предельной гибкости (см. 10.4).

15.4.12 При применении крестовой решетки связей покрытий, за исключением уникальных зданий и сооружений, расчёт производится по условной схеме в предположении, что раскосы воспринимают только растягивающие усилия.

При определении усилий в элементах связей обжатие поясов ферм учитывать не следует.

Список литературы, рекомендуемой для выполнения КСР № 2

1. Семенов А.А., Габитов А.И. Проектно-вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе. Часть 1. Статический расчет: учеб. пособие. - М.: Изд-во АСВ, 2005. - 152 с.
2. Кардаенко А.П. SCAD Office. Шаг за шагом: учебное пособие. - Санкт-Петербург, проектно-строительная компания «КАПпроект», 2011. - 87 с.
3. Константинов И. А. Строительная механика. Применение программы SCAD для расчёта стержневых систем: учебное пособие, электр. вариант для сайта кафедры СМ и ТУ . - Санкт-Петербург, СПбПУ, 2003. – 89 с.
4. Расчёт фермы в SCAD. URL: https://www.youtube.com/watch?v=N9i2e9M9k0A (дата обращения: 23.11.2018).
5. StructureCAD основы, расчет металлической фермы. URL: https://www.youtube.com/watch?v=29JtiMQF08w (дата обращения: 23.11.2018).
6. Металлические конструкции. Т. 2. Конструкции зданий: учеб. для строит. вузов / В.В. Горев [и др.]; под ред. В.В. Горева. – М.: Высш. шк., 1999. - 528 с.
7. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. - Введ. 04.06.2017. - М.: Минстрой России, 2016. - 104 с.
8. Металлические конструкции: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Ю.И. Кудишин [и др.]; под ред. Ю.И. Кудишина. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. - 688 с.
9. Металлические конструкции (вопросы и ответы): учеб. пособие для вузов / В.В. Бирюлев [и др.]; под ред. В.В. Бирюлева. – М.: Изд. АСВ, 1994. - 336 с.
10. Металлические конструкции, включая сварку: учеб.-метод. пособие для выполнения курсового проекта [Электронный ресурс] / сост.: И. Я. Петухова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 95 с.
11. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. - Введ. 28.08.2017. - М.: Минстрой России, 2017. 148 с.
12. Металлические конструкции. Т. 1. Элементы конструкций: учеб. для строит. вузов / В.В. Горев [и др.]; под ред. В.В. Горева. – М.: Высш. шк., 2004. - 551 с.